

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-19793

(P2003-19793A)

(43)公開日 平成15年1月21日 (2003.1.21)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

B 4 1 J    2/045  
              2/055

識別記号

F I

B 4 1 J    3/04

テーコート<sup>TM</sup> (参考)

1 0 3 A    2 C 0 5 7

審査請求 有 請求項の数17 O.L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2001-208098(P2001-208098)

(22)出願日 平成13年7月9日 (2001.7.9)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 江口 裕俊

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 松本 修三

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(74)代理人 230100631

弁護士 稲元 富保

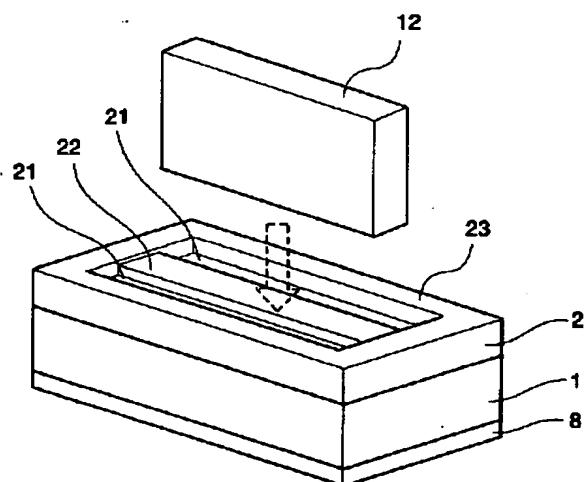
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 液滴吐出ヘッド及びインクジェット記録装置

(57)【要約】

【課題】 滴噴射特性のバラツキが生じ易いとともにコストが高い。

【解決手段】 振動板2は薄肉部21と中央厚肉部22及び周囲厚肉部23を有し、薄肉部分は中央厚肉部22で2つの薄肉部21に分離した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 液滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室と、この液室の少なくとも一部の壁面を形成する振動板と、この振動板に当接されて前記液室内の液体を加圧する圧力を発生するための駆動手段と、前記振動板に連接させずに前記駆動手段の一端が接合されている支持基板と、前記液室の隔壁に対応する位置で前記支持基板と振動板とを連接する支持部材とを備えた液滴吐出ヘッドにおいて、前記振動板は薄肉部と厚肉部とかなり、前記薄肉部の領域は前記駆動手段が当接される前記厚肉部で分離されていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項2】 請求項1に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記厚肉部は、前記液室に対応する前記駆動手段が当接する側に張り出していることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項3】 請求項2に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記厚肉部は、液室長手方向に沿って設けられていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項4】 請求項3に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記厚肉部で領域が分離された前記薄肉部は、液室長手方向に沿って細長い形状をなすことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記薄肉部の前記液室長手方向の長さが前記厚肉部に当接している前記駆動手段の液室長手方向の長さよりも長いことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項6】 請求項1乃至5のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記薄肉部の領域は、前記厚肉部に対して対称な位置に形成されていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記振動板の前記厚肉部の厚さは、前記薄肉部の周囲全てにおいて略同じ厚さであることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記駆動手段は、前記振動板の法線方向の変位が、d33方向である圧電素子で構成されていることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項9】 請求項8に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子は、複数枚の圧電素子の層と電極層が積層された構造であり、液室長手方向の端部に電界が生じない不活性域を有し、この不活性域が前記液室間の隔壁に対向して当接していることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項10】 請求項9に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子の不活性域は前記液室の長手方向の両端の隔壁に対向して当接していることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項11】 請求項9又は10に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子の活性域は前記液室の長手方向の両端の隔壁に対向した領域には存在しないことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項12】 請求項11に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子の不活性域は前記振動板の駆動領域に対向した領域にも存在することを特徴とする液滴吐出ヘッド。

10 【請求項13】 請求項1乃至8のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子は、当接する端部の液室長手方向の長さが前記液室の長手方向の長さよりも短いことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項14】 請求項13に記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子は、液室長手方向で前記圧電素子の端部が当接する領域は、前記液室の前記振動板の厚肉部の長手方向の長さよりも短いことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項15】 請求項1乃至12のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記圧電素子は、当接する端部の液室短手方向の長さは、前記振動板の厚肉部の前記液室短手方向の長さよりも長いことを特徴とする液滴吐出ヘッド。

【請求項16】 請求項1乃至15のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドにおいて、前記振動板の厚肉部は、前記駆動手段が当接する第1の厚肉部と、この第1の厚肉部及び前記薄肉部とは異なる厚さであって、前記第1の厚肉部と前記液室の隔壁と連結する第2の厚肉部とかなることを特徴とする液滴吐出ヘッド。

30 【請求項17】 インク滴を吐出するインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置において、前記インクジェットヘッドが請求項1乃至16のいずれかに記載の液滴吐出ヘッドであることを特徴とするインクジェット記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は液滴吐出ヘッド及びインクジェット記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 プリンタ、ファクシミリ、複写装置、プリンタ等の画像記録装置（画像形成装置）として用いるインクジェット記録装置は、インク滴を吐出するノズルと、このノズルが連通する液室（インク流路、吐出室、圧力室、加圧液室、流路等とも称される。）と、この液室のインクを加圧するための駆動手段（圧力発生手段）とを備えた液滴吐出ヘッドとしてのインクジェットヘッドを搭載したものである。なお、液滴吐出ヘッドとしては例えれば液体レジストを液滴として吐出する液滴吐出ヘッド、DNAの試料を液滴として吐出する液滴吐出ヘッドなどもあるが、以下ではインクジェットヘッドを中心説明する。

部分の構成は、インクジェットヘッドの特性を左右する重要な要素であるといえる。

【0011】そこで、従来のインクジェットヘッドにおいては、特許第3147132号公報や特許第3070625号公報等に開示されているように、振動板に圧電素子と接合するための島状凸部を形成することが行われている。

【0012】このような従来のインクジェットヘッドの構成について図20乃至図21を参照して説明する。なお、図20は同ヘッドの斜視説明図、図21は図20の要部拡大説明図、図22は他の例の振動板の斜視説明図、図23は同ヘッドの模式的斜視図である。なお、図18及び図19に対応する部分には同一符号を付して説明を簡略化する。

【0013】このインクジェットヘッドでは、加圧液室114の壁面の一つを形成している振動板116には凹部123が設けられて薄肉部126を形成している。圧電素子117が振動板116に当接する部分には厚肉部である島状凸部124が形成されている。すなわち、薄肉部126は厚肉部である島状凸部124の全周を均一な厚さで取り巻いている。

【0014】圧電素子117は加圧液室114に対応しており、厚肉部125によって圧電素子117が当接する島状凸部124を隔てている凹部123を区画している。なお、図22の振動板116は薄肉部126を形成し、その中に厚肉部である島状凸部124を形成したものである。

【0015】このような島状凸部に圧電素子を当接して圧電素子を駆動することで、駆動した圧電素子の振動が隣接する他の加圧液室に伝播する量が少なくなり、また、圧電素子の変位を効率的に加圧液室の容積変化、すなわち圧力変化へと変換することができる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来のインクジェットヘッドにあっては、振動板に形成する島状凸部は、加圧液室を区画する境界から一定の距離を置いて形成する必要があるため、島状凸部の全周にわたって均一な幅の薄肉部を形成しなければならず、製造上、一段高い寸法精度や位置決め精度が要求される。

【0017】また、島状凸部の長辺は圧電素子の先端部の長辺よりも長く、さらに薄肉部の間隔も必要とされることから、ヘッド全体を小型化することが困難であるという問題があり、高密度配列への対応が課題となる。しかも、液室内部の容積変化は凸部の寸法と圧電素子の変位量から決まるので、凸部の寸法は高精度にする必要があるが、長い寸法のものを高精度に作製することが難しく、歩留まりが低下し、コストが高くなる。

【0018】さらに、薄肉部の面積が大きい振動板を構成要素としている加圧液室は、加圧液室全体としての剛

【0003】インクジェットヘッドとしては、液室内のインクを加圧する圧力を発生するための駆動手段として圧電素子などの電気機械変換素子を用いて、駆動手段の変位で液室の壁面を形成する弾性変形可能な振動板を変形させて液室内容積／圧力を変化させてインク滴を吐出させるいわゆるピエゾ型のものが知られている（特開平2-51734号公報参照）。

【0004】このインクジェットヘッドは、圧電素子を充放電することで変形させ、圧電素子に当接した振動板を変位させ、振動板が加圧液室の容積を収縮するように変位することで加圧液室内部の圧力が上昇し、インク滴をノズルから吐出させるものであり、インク滴を吐出した後は、加圧液室の容積を膨張させるように振動板に変位を与えるべく、圧電素子を変形させる。

【0005】このようなインクジェットヘッドの一例を図18及び図19に示している。なお、図18は同ヘッドの液室長手方向に沿う断面説明図、図19は同ヘッドの液室短手方向に沿う断面説明図である。

【0006】このインクジェットヘッドは、液室基板111とノズル板118とを接合して、インク滴を吐出するノズル113に連通した加圧液室114、加圧液室114に連通部120を介してインクを供給する共通液室119を形成し、加圧液室114の壁面の一部を形成する振動板116の面外側にベース基板112に設けた圧電素子117を接合している。

【0007】この振動板116は、圧電素子117の変形に伴い弾性変形するが、圧電素子117の変位を効率よく加圧液室114の容積変化にするために、振動板116は通常、加圧液室114を構成する他の面よりも剛性を小さく（＝コンプライアンスを大きく）している。また、共通液室119は図示しないインクタンクに接続され、液室基板111とベース基板112との間には支持部材121を設けている。

【0008】ここで、圧電素子117に図示しない駆動回路から電圧を加えることで圧電素子117は変形を生じ、振動板116を加圧液室114の容積が増加または減少するように変形させる。加圧液室114の容積を増加させた場合は加圧液室114の内部圧力は減少するので、共通液室119から連通部120を通ってインクが加圧液室114に補充される。

【0009】その後に加圧液室114の内部圧力を増加させるような駆動を行う。すなわち、加圧液室114の容積を減少させるように圧電素子117を駆動させた場合は、加圧液室114の内部圧力が増加するので、ノズル113からインクが押し出されてインク滴122となって飛翔し、図示しない記録媒体（紙など）にインク滴が付着することで記録を行うことができる。

【0010】このように、振動板を用いたインクジェットヘッドにおけるインク滴の形成は、振動板の変位がその源であり、さらにその駆動源である圧電素子との接合

性が小さくなり（＝コンプライアンスが大きくなり）、加圧液室の内部圧力を増加させる際の効率が悪くなるとともに、インク滴噴射時のメニスカスの制御性に劣るという課題もある。

【0019】加えて、圧電素子を駆動したときに、島状凸部は、全周の薄肉部で弾性変形による歪みが発生しており、凸部または薄肉部の形成時のバラツキ等の予期せぬ不具合によって起こった応力集中で、振動板が破断するおそれもある。多数の加圧液室をバラツキなく形成するためには、製造工程が煩雑になりかねず、様々な装置の開発が求められ、また、コストの上昇を招くという課題もある。

【0020】本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、駆動手段の効率を損なうことなく液室内部圧力を増減させるとともに、メニスカスの制御性ひいては液滴の噴射特性を向上させ、更には小型化、特性のバラツキを低減した液滴吐出ヘッドを提供するとともに、この液滴吐出ヘッドを搭載することで画像品質を向上したインクジェット記録装置を提供することを目的とする。

#### 【0021】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明に係る液滴吐出ヘッドは、振動板は薄肉部と厚肉部とからなり、薄肉部の領域は駆動手段が当接される厚肉部で分離されているものである。

【0022】ここで、厚肉部は液室に対向する駆動手段が当接する側に張り出していることが好ましい。この場合、厚肉部は液室長手方向に沿って設けられていることが好ましい。また、厚肉部で領域が分離された薄肉部は、液室長手方向に沿って細長い形状をなすことが好ましい。

【0023】また、薄肉部の前記液室長手方向の長さが厚肉部に当接している駆動手段の液室長手方向の長さよりも長いことが好ましい。さらに、薄肉部の領域は、厚肉部に対して対称な位置に形成されていることが好ましい。さらにまた、振動板の厚肉部の厚さは薄肉部の周囲全てにおいて略同じ厚さであることが好ましい。

【0024】さらに、駆動手段は振動板の法線方向の変位が、d33方向である圧電素子で構成されていることが好ましい。この場合、圧電素子は、複数枚の圧電素子の層と電極層が積層された構造であり、液室長手方向の端部に電界が生じない不活性域を有し、この不活性域が液室間の隔壁に対向して当接していることが好ましい。この場合、圧電素子の不活性域は前記液室の長手方向の両端の隔壁に対向して当接していることが好ましい。また、圧電素子の活性域は液室の長手方向の両端の隔壁に對向した領域には存在しないことが好ましい。さらに、圧電素子の不活性域は振動板の駆動領域に對向した領域にも存在することが好ましい。

【0025】さらにまた、圧電素子は、当接する端部の液室長手方向の長さが液室の長手方向の長さよりも短い

ことが好ましい。この場合、圧電素子は、液室長手方向で圧電素子の端部が当接する領域は、液室の振動板の厚内部の長手方向の長さよりも短いことが好ましい。

【0026】また、圧電素子は、当接する端部の液室短手方向の長さは、振動板の厚内部の液室短手方向の長さよりも長いことが好ましい。

【0027】さらに、振動板の厚内部は、駆動手段が当接する第1の厚内部と、この第1の厚内部及び薄内部とは異なる厚さであって、第1の厚内部と液室の隔壁と連結する第2の厚内部とからなることが好ましい。

【0028】本発明に係るインクジェット記録装置は、インク滴を吐出するインクジェットヘッドとして本発明に係る液滴吐出ヘッドを搭載したものである。

#### 【0029】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面を参照して説明する。本発明の液滴吐出ヘッドの第1実施形態に係るインクジェットヘッドについて図1乃至図5を参照して説明する。なお、図1は同ヘッドの分解斜視説明図、図2は同ヘッドの液室長手方向に沿う断面説明図、図3は図2の要部拡大説明図、図4は同ヘッドの液室短手方向に沿う断面説明図、図5は同ヘッドの部分拡大斜視説明図である。

【0030】このインクジェットヘッドは、単結晶シリコン基板で形成した流路形成基板（液室基板）1と、この流路形成基板1の下面に接合した振動板2と、流路形成基板1の上面に接合したノズル板3とを有し、これらによってインク滴を吐出するノズル5が連通する流路

（インク液室）である加圧液室6、加圧液室6に流体抵抗部となるインク供給路7を介してインクを供給する共通液室8を形成している。

【0031】そして、振動板2の面外側（液室6と反対面側）に各加圧液室6に対応して駆動手段としての積層型圧電素子12を接合し、この積層型圧電素子12はベース基板13に接合して固定し、この圧電素子12の列の周囲にはインク供給口部材を兼ねたスペーサ部材14をベース基板13に接合している。なお、スペーサ部材14はベース基板13をエッチング形成する時にベース基板13と一緒に形成することもできる。

【0032】この圧電素子12は、圧電材料層と内部電極とを交互に積層したものである。この場合、圧電素子12の圧電方向としてd33方向の変位（ここでは積層方向と直交する方向の変位）を用いて加圧液室6内インクを加圧する構成とすることも、圧電素子12の圧電方向としてd31方向の変位（ここでは積層方向と平行な方向の変位）を用いて加圧液室6内インクを加圧する構成とすることもできる。ベース基板13及びスペーサ部材14には共通液室8に外部からインクを供給するためのインク供給口9を形成する貫通穴を形成している。

【0033】また、流路形成基板1の外周部及び振動板2の下面側外縁部をエポキシ系樹脂或いはポリフェニレ

ンサルファイトで射出成形により形成したヘッドフレーム17に接着接合し、このヘッドフレーム17とベース基板13とは図示しない部分で接着剤などで相互に固定している。なお、ヘッドフレーム17は2つの部品に分かれているが1つの部品で構成することもできる。

【0034】さらに、圧電素子12には駆動信号を与えるために半田接合又はACF(異方導電性膜)接合若しくはワイヤボンディングでFPCケーブル18を接続し、このFPCケーブル18には各圧電素子12に選択的に駆動波形を印加するための駆動回路(ドライバIC)19を実装している。

【0035】ここで、流路形成基板1は、結晶面方位(110)の単結晶シリコン基板を水酸化カリウム水溶液(KOH)などのアルカリ性エッチング液を用いて異方性エッチングすることで、各加圧液室6となる貫通穴、インク供給路7となる溝部、共通液室8となる貫通穴をそれぞれ形成している。この場合、各加圧液室6は隔壁20によって区画している。

【0036】振動板2はニッケルの金属プレートから形成したもので、エレクトロフォーミング法で製造しているが、これに限定されるものではなく、この他、樹脂部材、或いは樹脂部材と金属部材の積層部材、及びニッケル以外の金属部材などから形成することもできる。この振動板2は加圧液室6に対応する部分に変形を容易にするための薄肉部21及び圧電素子12と接合するための中央厚肉部22を形成するとともに、隔壁20に対応する部分にも周囲厚肉部23を形成し、平坦面側を流路形成基板1に接着剤接合し、周囲厚肉部23をヘッドフレーム17に接着剤接合している。

【0037】この振動板2の液室間隔壁20に対応する周囲厚肉部23とベース基板13との間には支持部材25を介設している。これにより、振動板2とベース基板13は、圧電素子12と支持部材25の両方で接続され、上部の加圧液室6の剛性を保つとともに、圧電素子12の変形による振動板2の中央厚肉部22の変位効率を向上させている。なお、この支持部材25は圧電素子12と同じ構成とすることができます。

【0038】ノズル板3は各加圧液室6に対応して直径10~30μmのノズル5を形成し、流路形成基板1に接着剤接合している。このノズル板3としては、ステンレス、ニッケルなどの金属、金属とポリイミド樹脂フィルムなどの樹脂との組み合せ、シリコン、及びそれらの組み合わせからなるものを用いることができる。また、ノズル面(吐出方向の表面:吐出面)には、インクとの撥水性を確保するため、メッキ被膜、あるいは撥水剤コーティングなどの周知の方法で撥水膜を形成している。このノズル板3の周囲とヘッドフレーム17との間には封止剤26を充填している。この封止剤26は接着の役割も兼ねている。

【0039】このように構成したインクジェットヘッド

においては、圧電素子12に対して選択的に20~50Vの駆動パルス電圧を印加することによって、パルス電圧が印加された圧電素子12が積層方向(d33方向)を用いる場合に変位して振動板2をノズル5方向に変形させ、加圧液室6の容積/体積変化によって加圧液室6内のインクが加圧され、ノズル5からインク滴が吐出(噴射)される。

【0040】そして、インク滴の吐出に伴って加圧液室6内の液圧が低下し、このときのインク流れの慣性によって加圧液室6内には若干の負圧が発生する。この状態の下において、圧電素子12への電圧の印加をオフ状態にすることによって、振動板2が元の位置に戻って加圧液室6が元の形状になるため、さらに負圧が発生する。このとき、インク供給口9から共通液室8、流体抵抗部であるインク供給路7を経て加圧液室6内にインクが充填される。そこで、ノズル5のインクメニスカス面の振動が減衰して安定した後、次のインク滴吐出のために圧電素子12にパルス電圧を印加しインク滴を吐出させる。

【0041】そこで、このインクジェットヘッドにおける振動板2の構成の詳細について図6をも参照して説明する。なお、図6は圧電素子当接部分の模式的斜視図である。振動板2は、薄肉部21と中央厚肉部22及び周囲厚肉部23から構成され、圧電素子12が当接する(ここでは接合する)中央厚肉部22によって、薄肉部分は2つの薄肉部21、21に領域を分離している。

【0042】中央厚肉部22は、加圧液室6の長手方向(液室長手方向)に沿って形成し、薄肉部21は中央厚肉部22を挟んで対称な位置に、加圧液室6の長手方向に沿って細長く設けている。これにより、駆動時における加圧液室6内の圧力変化が対称となって相互干渉を防止することができる。

【0043】周囲厚肉部23は加圧液室6に対して薄肉部21及び中央厚肉部22を1つずつ(1チャンネル毎に)区画している厚肉部であり、前述したように支持部材25を介してベース基板13と接続している。この周囲厚肉部23と中央厚肉部22との厚みは異ならせ、中央厚肉部22の厚みを周囲厚肉部23の厚みより薄く形成している。

【0044】この振動板2の中央厚肉部22に圧電素子12を接合し、前述したように、ドライバICからの駆動信号を与えることで圧電素子12が伸縮して、加圧液室6の内部圧力を適切に制御することでインク滴が噴射する。このとき、圧電素子12の変形は、中央厚肉部22の変形にも用いられることから、効率の低下についての数値シミュレーションを行った。

【0045】このシミュレーションでは、圧電素子が当接する部分の中央厚肉部の形状のみが異なるものを4種類実施した。すなわち、実施例として中央厚肉部で薄肉部が分離されているもの、比較例1として従来(図23

参照) の島状凸部のもの、比較例2として島状凸部の幅を狭くしたもの、比較例3として島状凸部の幅を広くしたものについて実施した。

【0046】評価項目は、加圧液室6の内部に発生する圧力の最大値と、ノズルプレート(ノズル板3)変位の最大値である。これは、振動板2の剛性が大きすぎた場合には、加圧液室6の内部圧力の上昇は小さくなる一方、加圧液室6全体を変位させることでノズルプレート3が動いてしまうと予想されるからである。

【0047】この評価結果を図7に示している。ここでは、従来の島状凸部を有する比較例1の結果に対する相対比較を行った指標値を横軸にとっており、100よりも大きい場合に性能が向上したことを見ている。

【0048】この結果から、実施例によっても加圧液室6の内部圧力は十分上昇していることが分かる。ノズルプレート3の変位の指標値が100以下なので、島状凸部の形状に比較すると若干悪い(=変位量が大きい)傾向にあるが、20%以下であり、問題はない。なお、この数値シミュレーションは、圧電素子を駆動してからの過渡応答解析を行ったので、図示はしていないが、加圧液室内部圧力の時間変化も評価しており、実施例のものは従来のものと比較して、大きな位相変化や圧力変化量の特異点等も見られなかった。

【0049】したがって、振動板2への圧電素子12の当接部分を厚肉化する場合、当接部分をその周囲を薄肉部で取り巻いた島状凸部にせず、加圧液室6の長手方向に沿って形成した厚肉部22で薄肉部21を分離した当接部であっても、良好なインク滴の噴射速度や噴射滴体積などの特性を得ることができる。

【0050】そして、従来の島状凸部の形状にした場合に比べて、次のような利点がある。すなわち、本発明によれば、厚肉部の面積を増加させつつ、振動板の変位量を確保できることになり、加圧液室の剛性を高めて滴噴射の制御性を向上することができる。また、島状凸部を形成しないので、凸部の寸法精度に起因する加圧液室の容積変動量を抑えることができ、特性バラツキが低減する。

【0051】すなわち、図8の加圧液室の長手方向の断面模式図で示すように、従来例に比較して、振動板2に形成した薄肉部21の面積が小さいので、加圧液室6の剛性が高くなる。したがって、固有振動数が大きくなり、より高い周波数での駆動が可能になる。また、圧電素子12の駆動変位に対する加圧液室6の内部圧力の追随性が向上することになり、内部圧力、すなわちインク滴噴射に関する高精度な制御が可能となる。特に、ノズル5を加圧液室6の端部に設置した場合、周囲厚肉部23があるためにノズル5直下の振動板2の剛性を高くすることができる。

【0052】インクジェットヘッドにおいて、圧電素子で駆動する部分以外の構成要素は、印字動作時の振動

等、ヘッド外部からの不要な外力の影響を排除するため、できるだけ剛性を高めることができがほしい。したがって、振動板2も、圧電素子12が当接する部分(中央厚肉部22)以外の周囲厚肉部23の厚さはできるだけ厚くすることがほしい。

【0053】この場合、図8に示すように、圧電素子12が振動板2に当接する端部部分の液室長手方向の長さLpは、振動板2に圧電素子12が当接する中央厚肉部22の液室長手方向の長さLsよりも短くする。

【0054】また、振動板2の中央厚肉部22と圧電素子12の接合時に位置ずれを生じる場合がある。そこで、図8に示すように、圧電素子12が中央厚肉部22に当接する長さLpを、中央厚肉部22の長さLsよりも短くする、つまり薄肉部21の液室長手方向の長さを圧電素子12の長さよりも長くすることで、接合する位置が同図で左右方向に多少ずれても、両者が当接する領域の面積を一定に確保することができるので、特性のバラツキを抑えることができる。

【0055】さらに、圧電素子12の中央厚肉部22に当接する液室長手方向の長さは加圧液室6の長手方向の長さよりも短くすることで、中央厚肉部22の厚さよりも周囲厚肉部23の厚さを厚くすることができ、ヘッドの剛性を高くすることができて外部の振動に対する耐性が向上し、品質の高いヘッドが得られる。

【0056】しかも、圧電素子12の端部と振動板の厚肉部が当接する部分を接着剤接合する場合、厚肉部が従来のような島状凸部形状のときには、接着剤がはみ出された場合には全周に流れ出すことになってしまい、薄肉部の領域に侵入するおそれがある。これに対して、本発明のように圧電素子12が当接している中央厚肉部22の領域を圧電素子12よりも細長くすることで、はみ出された接着剤は中央厚肉部22の長手方向に沿っていくため、薄肉部21へのはみ出しを防ぐことができる。

【0057】次に、本発明の第2実施形態に係るインクジェットヘッドについて図9を参考して説明する。なお、同図は同ヘッドの圧電素子を接合する前の1つの加圧液室を振動板側から見た模式的斜視説明図である。このインクジェットヘッドにおいても、振動板2には薄肉部21と中央厚肉部22及び周囲厚肉部23を形成しているが、上記第1実施形態とは異なり、液室長手方向に沿って設けられていて、薄肉部21を分離している中央厚肉部22の厚さは、チャンネル毎に1つずつ区画している周囲厚肉部23の厚さと同じにしている。

【0058】このように構成すれば、振動板2の厚さは薄い部分(薄肉部21)と厚い部分の2種類だけなので、製造工程が簡単になり、コストや精度を大きく向上することができる。

【0059】このインクジェットヘッドは、前記実施形態と同様に中央厚肉部22に圧電素子12を接合し、ドライバICからの駆動信号に従って伸縮させて、加圧液

室6の内部圧力を適切に制御することで、インク滴を噴射する。このとき、圧電素子12の変位が振動板2の中央厚肉部22を変形させるので、中央厚肉部22の剛性は低い、すなわち中央厚肉部22の厚さは薄い方が圧電素子12の効率は向上する。しかし、中央厚肉部22の厚さを薄くすると、周囲厚肉部23の厚さも薄くなってしまい、ヘッド全体の剛性も小さくなってしまうおそれがあるが、振動板2は流路形成基板1や図示しないヘッドフレーム17に接合されているので、その接合部分を強固にすることで、ヘッド全体の剛性の低下は防止できる。

【0060】ここで、圧電素子12について説明すると、圧電素子12は、振動板2が加圧液室6の内部圧力を増減するように駆動するので、ベース基板13と振動板2との距離を伸縮するように構成する。低電圧での駆動が好ましいので、前述したように、圧電材料と電極材料を交互に複数積層して形成した積層型圧電素子を用いることが好ましく、その際、圧電方向としてd31とd33のいずれを用いても上述した作用効果を得ることができる。

【0061】そこで、特にd33変位を用いた本発明の第3実施形態に係るインクジェットヘッドについて図10を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの液室長手方向に沿う模式的断面説明図である。このインクジェットヘッドの圧電素子32は圧電層33と電極層（内部電極）34とを交互に積層した積層型圧電素子であり、内部電極33は交互に反対の端面に引き出している。この圧電素子32においては、内部電極34、34で圧電層33が挟まれた部分（領域）が電界を発生して変位を生じる活性域35となり、液室長手方向の両端部では一方端面からの内部電極34のみで他方端面からの内部電極34が存在しないので、その両端部分は電圧を印加しても変位を生じない不活性域36、36となる。

【0062】そして、d33変位を利用する圧電素子32の一方の不活性域36は、加圧液室6を区画する隔壁（外壁部を含む）20に対向した位置に配置している。この場合、圧電素子32の長さLpと中央厚肉部22の長さLsとの関係は、いずれが長くても良い。圧電素子32の活性域35の変位は、不活性域36の近傍では元々小さいので、隔壁20による圧電素子32の変位の抑制には大きな影響を与えない。

【0063】このように圧電素子32の一方の不活性域36のみを隔壁20で抑制する構成にすることで、圧電素子32と振動板2の接合時に位置ずれを生じたとしても、振動板2の変位領域のずれが小さくなり、特性のバラツキを抑制することができる。

【0064】次に、本発明の第4実施形態に係るインクジェットヘッドについて図11を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの液室長手方向に沿う模式的断面説明図である。このインクジェットヘッドでは、圧電素子

32の各不活性域36、36は、加圧液室6を区画する隔壁（外壁部を含む）20に対向した位置に配置している。この場合、圧電素子32の長さLpは中央厚肉部の長さLsよりも長くなる。圧電素子32の活性域35の変位は、不活性域36、36の近傍では元々小さいので、隔壁20による圧電素子32の変位の抑制には大きな影響を与えない。逆に、圧電素子32の不活性域36、36が、ベース基板13と振動板2を接合する支持部材として働くので、流路形成基板1を強固にすることができる、ヘッド全体の剛性を向上できる。

【0065】ここで、圧電素子32の活性域35が、加圧液室6を構成／区画する長手方向両側の隔壁20に対向した位置には存在しないように構成すると、圧電素子32の駆動時に隔壁20に変位を与えることがないで、不要な振動変位が加圧液室6に生じることがなく、また、圧電素子32の変位効率を阻害することもなくなる。

【0066】次に、本発明の第5実施形態に係るインクジェットヘッドについて図12を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの液室長手方向に沿う模式的断面説明図である。このインクジェットヘッドにおいては、圧電素子32の活性域35の液室長手方向の長さを振動板2の中央厚肉部22の液室長手方向の長さよりも短くし、不活性域36が中央厚肉部22に対応する領域まで入り込むようにしている。

【0067】すなわち、圧電素子32の各不活性域36、36は、加圧液室6を区画する隔壁（外壁部を含む）20に対向した位置に配置するとともに、活性域35の変形によって振動板2が変位する領域にも不活性域36、36を配している。この場合も、圧電素子32の長さLpは中央厚肉部22の長さLsよりも長くなる。

【0068】圧電素子32の不活性域36の変位は非常に小さいので、圧電素子32の不活性域36、36が、ベース基板13と振動板2を接合する支持部材として働き、流路形成基板1を強固にことができる。その上、圧電素子32と振動板2の接合時に位置ずれを生じたとしても、加圧液室6の内部から見た圧電素子32の活性域35の大きさは変わらないことになり、特性のバラツキを抑制することができる。

【0069】次に、本発明の第6実施形態に係るインクジェットヘッドについて図13を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの液室短手方向に沿う模式的断面説明図である。このインクジェットヘッドにおいては、圧電素子12が振動板2に当接する部分の、加圧液室6の短手方向の長さ（=幅Wp）は、振動板2に設けた中央厚肉部22の加圧液室6の短手方向の長さ（=幅Ws）よりも長くなっている。

【0070】このように構成することで、圧電素子12を周囲厚肉部23に接合する位置が図13の左右方向に多少ずれても、両者が当接する領域の面積を一定に確保

することができるので、特性のバラツキを抑えることができる。

【0071】次に、本発明の第7実施形態に係るインクジェットヘッドについて図14を参照して説明する。なお、同図は同ヘッドの圧電素子を接合する前の1つの加圧液室を振動板側から見た模式的斜視説明図である。

【0072】振動板2は薄肉部21と中央厚肉部41及び周囲厚肉部23から構成されているが、前記第2実施形態とは異なり、加圧液室長手方向に沿って設けられていて薄肉部21を分離し、圧電素子12と当接する領域となっている第1の中央厚肉部(第1厚肉部)42が、周囲厚肉部23と連結している第2厚肉部である厚肉連結部43の厚さは、薄肉部21の厚さとは異なった厚さに形成している。

【0073】この場合、従来のような島状凸部とは異なり、中央厚肉部41は均一の厚さである薄肉部21で全周を取り囲まれてはいない。したがって、圧電素子12が伸縮駆動する際、振動板2に生じる最大応力を厚肉連結部43を設けることで小さくしながら、圧電素子12の効率もできるだけ減少させずに、かつ、加圧液室6全体の剛性も確保することができる。

【0074】次に、本発明の第8実施形態について図5を参照して説明する。この実施形態は、ヘッド一体型インクカートリッジのヘッド部に本発明を適用したものであり、インクカートリッジ50は、ノズル51等を有する上記各実施形態のいずれかのインクジェットヘッド52と、このインクジェットヘッド52に対してインクを供給するインクタンク53とを一体化したものである。

【0075】次に、本発明に係る液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドを搭載したインクジェット記録装置の一例について図16及び図17を参照して説明する。なお、図16は同記録装置の斜視説明図、図17は同記録装置の機構部の側面説明図である。

【0076】このインクジェット記録装置は、記録装置本体111の内部に主走査方向に移動可能なキャリッジ、キャリッジに搭載した本発明に係るインクジェットヘッドからなる記録ヘッド、記録ヘッドへインクを供給するインクカートリッジ等で構成される印字機構部112等を収納し、装置本体111の下方部には前方側から多数枚の用紙113を積載可能な給紙カセット(或いは給紙トレイでもよい。)114を抜き差し自在に装着することができ、また、用紙113を手差しで給紙するための手差しトレイ115を開倒することができ、給紙カセット114或いは手差しトレイ115から給送される用紙113を取り込み、印字機構部112によって所要の画像を記録した後、後面側に装着された排紙トレイ116に排紙する。

【0077】印字機構部112は、図示しない左右の側板に横架したガイド部材である主ガイドロッド121と

従ガイドロッド122とでキャリッジ123を主走査方向(図17で紙面垂直方向)に摺動自在に保持し、このキャリッジ123にはイエロー(Y)、シアン(C)、マゼンタ(M)、ブラック(Bk)の各色のインク滴を吐出する本発明に係る液滴吐出ヘッドであるインクジェットヘッドからなるヘッド124を複数のインク吐出口を主走査方向と交叉する方向に配列し、インク滴吐出方向を下方に向けて装着している。またキャリッジ123にはヘッド124に各色のインクを供給するための各インクカートリッジ125を交換可能に装着している。

【0078】インクカートリッジ125は上方に大気と連通する大気口、下方にはインクジェットヘッドへインクを供給する供給口を、内部にはインクが充填された多孔質体を有しており、多孔質体の毛管力によりインクジェットヘッドへ供給されるインクをわずかな負圧に維持している。

【0079】また、記録ヘッドとしてここでは各色のヘッド124を用いているが、各色のインク滴を吐出するノズルを有する1個のヘッドでもよい。

【0080】ここで、キャリッジ123は後方側(用紙搬送方向下流側)を主ガイドロッド121に摺動自在に嵌装し、前方側(用紙搬送方向上流側)を従ガイドロッド122に摺動自在に載置している。そして、このキャリッジ123を主走査方向に移動走査するため、主走査モータ127で回転駆動される駆動ブーリ128と従動ブーリ129との間にタイミングベルト130を張装し、このタイミングベルト130をキャリッジ123に固定しており、主走査モーター127の正逆回転によりキャリッジ123が往復駆動される。

【0081】一方、給紙カセット114にセットした用紙113をヘッド124の下方側に搬送するために、給紙カセット114から用紙113を分離給装する給紙ローラ131及びフリクションパッド132と、用紙113を案内するガイド部材133と、給紙された用紙113を反転させて搬送する搬送ローラ134と、この搬送ローラ134の周面に押し付けられる搬送コロ135及び搬送ローラ134からの用紙113の送り出し角度を規定する先端コロ136とを設けている。搬送ローラ134は副走査モーター137によってギヤ列を介して回転駆動される。

【0082】そして、キャリッジ123の主走査方向の移動範囲に対応して搬送ローラ134から送り出された用紙113を記録ヘッド124の下方側で案内する用紙ガイド部材である印写受け部材139を設けている。この印写受け部材139の用紙搬送方向下流側には、用紙113を排紙方向へ送り出すために回転駆動される搬送コロ141、拍車142を設け、さらに用紙113を排紙トレイ116に送り出す排紙ローラ143及び拍車144と、排紙経路を形成するガイド部材145、146とを配設している。

【0083】記録時には、キャリッジ123を移動させながら画像信号に応じて記録ヘッド124を駆動することにより、停止している用紙113にインクを吐出して1行分を記録し、用紙113を所定量搬送後次の行の記録を行う。記録終了信号または、用紙113の後端が記録領域に到達した信号を受けることにより、記録動作を終了させ用紙113を排紙する。この場合、ヘッド124を構成する本発明に係るインクジェットヘッドはインク滴噴射の制御性が向上し、特性変動が抑制されているので、安定して高い画像品質の画像を記録することができる。

【0084】また、キャリッジ123の移動方向右端側の記録領域を外れた位置には、ヘッド124の吐出不良を回復するための回復装置147を配置している。回復装置147はキャップ手段と吸引手段とクリーニング手段を有している。キャリッジ123は印字待機中にはこの回復装置147側に移動されてキャッピング手段でヘッド124をキャッピングされ、吐出口部を湿潤状態に保つことによりインク乾燥による吐出不良を防止する。また、記録途中などに記録と関係しないインクを吐出することにより、全ての吐出口のインク粘度を一定にし、安定した吐出性能を維持する。

【0085】吐出不良が発生した場合等には、キャッピング手段でヘッド124の吐出口を密封し、チューブを通して吸引手段で吐出口からインクとともに気泡等を吸い出し、吐出口面に付着したインクやゴミ等はクリーニング手段により除去され吐出不良が回復される。また、吸引されたインクは、本体下部に設置された廃インク溜(不図示)に排出され、廃インク溜内部のインク吸収体に吸収保持される。

【0086】なお、上記実施形態においては、液滴吐出ヘッドとしてインクジェットヘッドに適用した例で説明したが、インクジェットヘッド以外の液滴吐出ヘッドとして、例えば、液体レジストを液滴として吐出する液滴吐出ヘッド、DNAの試料を液滴として吐出する液滴吐出ヘッドなどの他の液滴吐出ヘッドにも適用できる。

【0087】また、上記実施形態においては、本発明を振動板変位方向と液滴吐出方向が同じになるサイドシータ方式のヘッドに適用したが、振動板変位方向とインク滴吐出方向とが直交するエッジシュータ方式のヘッドにも同様に適用することができる。

#### 【0088】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る液滴吐出ヘッドによれば、振動板は薄肉部と厚肉部とからなり、薄肉部の領域は駆動手段が当接される厚肉部で分離されているので、液室の剛性を高めて滴噴射の制御性を向上でき、特性バラツキが低減し、安定した滴吐出特性が得られる。

【0089】ここで、厚肉部は液室に対向する駆動手段が当接する側に張り出していることで液室側の液の流れ

が阻害されることが防止される。この場合、厚肉部は液室長手方向に沿って設けられていることで、液室の剛性を高めるとともに振動板の変位量を確保できる。また、厚肉部で領域が分離された薄肉部は、液室長手方向に沿って細長い形状をなすことで、振動板の変位を確実に確保できる。

【0090】また、薄肉部の液室長手方向の長さが厚肉部に当接している駆動手段の液室長手方向の長さよりも長いので、厚肉部と駆動手段の接合位置ずれによる特性変化を抑制でき、振動板の変位量を確保できる。さらに、薄肉部の領域は、厚肉部に対して対称な位置に形成されていることで、液室内の圧力変化の偏りを防止できて、相互干渉を防止できる。さらにまた、振動板の厚肉部の厚さは薄肉部の周囲全てにおいて略同じ厚さであることで、製造コストの低減、高精度化が図れる。

【0091】さらに、駆動手段は振動板の法線方向の変位が、d33方向である圧電素子で構成されていることで、高速駆動が可能になる。この場合、圧電素子は、複数枚の圧電素子の層と電極層が積層された構造であり、液室長手方向の端部に電界が生じない不活性域を有し、この不活性域が液室間の隔壁に對向して当接していることで、接合位置ずれによる特性変動を抑制できる。この場合、圧電素子の不活性域は液室の長手方向の両端の隔壁に對向して当接していることで、不活性域を振動板とベース基板との間の支持部材として機能させてヘッド全体の剛性を高めることができる。また、圧電素子の活性域は液室の長手方向の両端の隔壁に對向した領域には存在しないことで、不要な振動変位を隔壁に与えることがなく、圧電素子の変位効率を阻害することがなくなる。さらに、圧電素子の不活性域は振動板の駆動領域に對向した領域にも存在することで、接合時の位置ずれに対する特性バラツキをより確実に防止できる。

【0092】さらにまた、圧電素子は、当接する端部の液室長手方向の長さが液室の長手方向の長さよりも短いことで、当接部分の厚肉部の厚さよりも液室周囲に対応する部分の厚さを厚くしてヘッド剛性をより高めることができる。この場合、圧電素子は、液室長手方向で圧電素子の端部が当接する領域は、液室の振動板の厚肉部の長手方向の長さよりも短いことで、圧電素子を確実に厚肉部に接合することができる。

【0093】また、圧電素子は、当接する端部の液室短手方向の長さは、振動板の厚肉部の液室短手方向の長さよりも長いので接合時の位置ずれによる特性ばらつきを低減できる。

【0094】さらに、振動板の厚肉部は、駆動手段が当接する第1の厚肉部と、この第1の厚肉部及び薄肉部とは異なる厚さであって、第1の厚肉部と液室の隔壁と連結する第2の厚肉部とからなることで、圧電素子が当接しない部分の剛性を下げつつ液室全体の剛性を高くすることができる。

【0095】本発明に係るインクジェット記録装置によれば、インク滴を吐出するインクジェットヘッドとして本発明に係る液滴吐出ヘッドを搭載したので、安定して高品質の画像を記録することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るインクジェットヘッドの分解斜視説明図

【図2】同ヘッドの液室長手方向に沿う断面説明図

【図3】図2の要部拡大説明図

【図4】同ヘッドの液室短手方向に沿う断面説明図

【図5】同ヘッドの要部拡大斜視説明図

【図6】同ヘッドの要部拡大模式的斜視説明図

【図7】同ヘッドの評価シミュレーションの結果の説明に供する説明図

【図8】同ヘッドの圧電素子と厚肉部の液室長手方向長さの説明に供する模式的断面説明図

【図9】本発明の第2実施形態に係るインクジェットヘッドの要部拡大模式的斜視説明図

【図10】本発明の第3実施形態に係るインクジェットヘッドの液室長手方向に沿う要部拡大模式的断面説明図

【図11】本発明の第4実施形態に係るインクジェットヘッドの液室長手方向に沿う要部拡大模式的断面説明図

【図12】本発明の第5実施形態に係るインクジェットヘッドの液室長手方向に沿う要部拡大模式的断面説明図\*

\* 【図13】本発明の第6実施形態に係るインクジェットヘッドの液室長手方向に沿う要部拡大模式的断面説明図

【図14】本発明の第7実施形態に係るインクジェットヘッドの要部模式的斜視説明図

【図15】本発明の第8実施形態に係るヘッド一体型インクカートリッジの斜視説明図

【図16】本発明に係るインクジェット記録装置の一例を示す斜視説明図

【図17】同記録装置の機構部の側面説明図

10 【図18】ピエゾ型インクジェットヘッドの説明に供する液室長手方向に沿う模式的断面説明図

【図19】同じく液室短手方向に沿う模式的断面説明図

【図20】従来のインクジェットヘッドの説明に供する斜視説明図

【図21】図20の要部拡大説明図

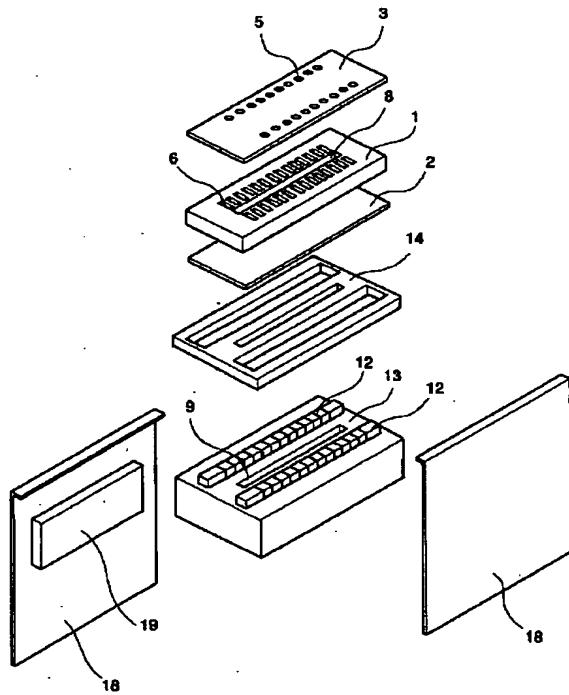
【図22】他の例の振動板の斜視説明図

【図23】同ヘッドの模式的斜視図

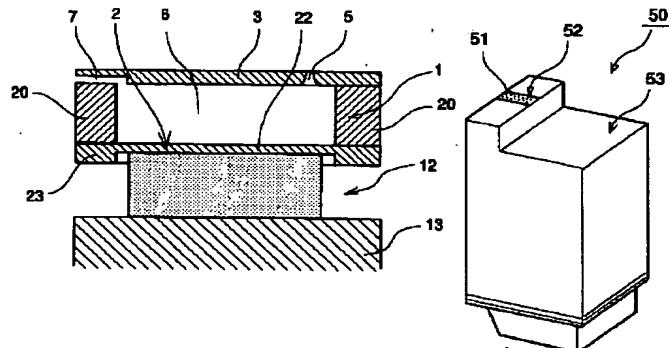
【符号の説明】

1…流路形成基板、2…振動板、3…ノズル板、5…ノズル、6…加圧液室、7…インク供給路、8…共通液室、9…インク供給口、12、32…圧電素子、13…ベース基板、17…ヘッドフレーム、20…隔壁、21…薄肉部、22、41…中央厚肉部、23…周囲厚肉部、42…第1厚肉部、43…第2厚肉部。

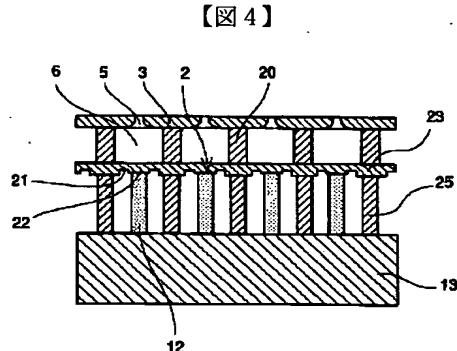
【図1】



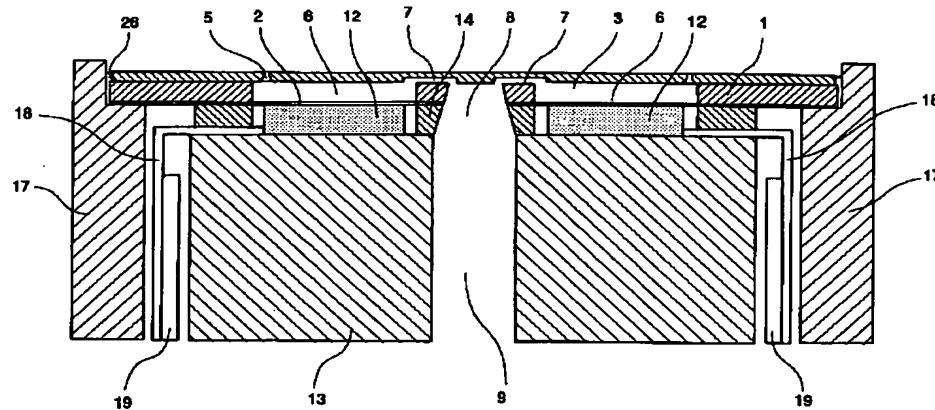
【図3】



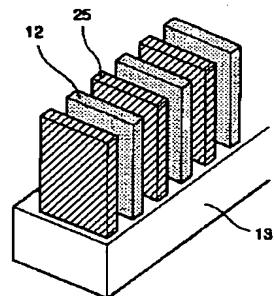
【図15】



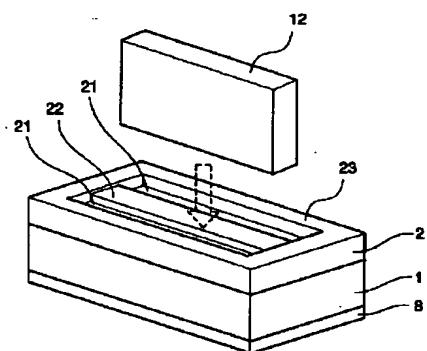
【図2】



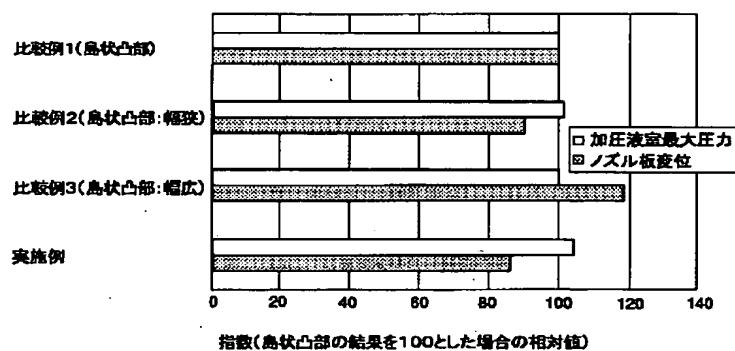
【図5】



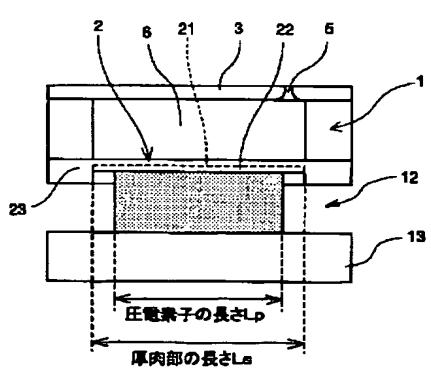
【図6】



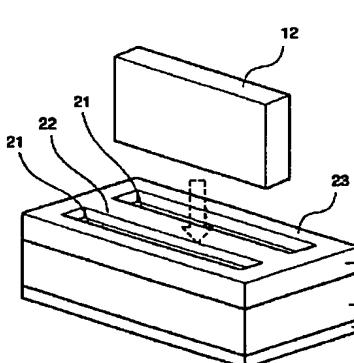
【図7】



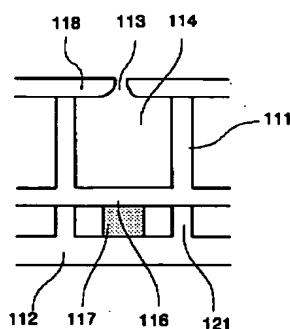
【図8】



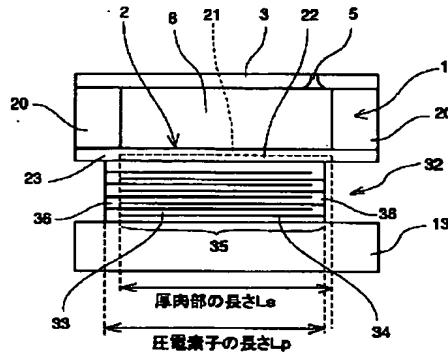
【図9】



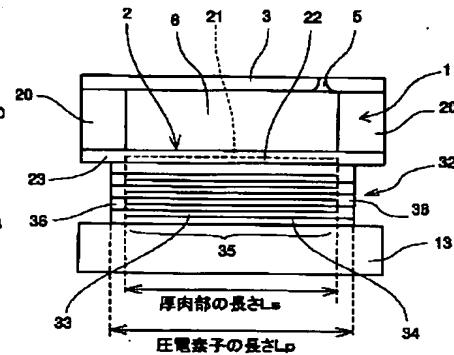
【図19】



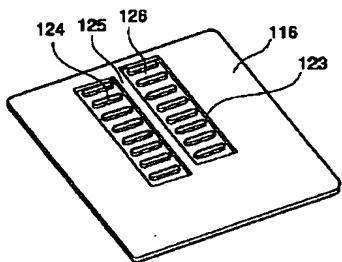
【図10】



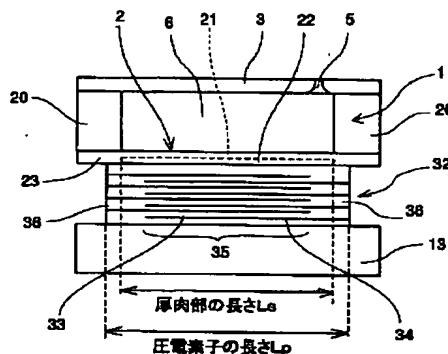
【図11】



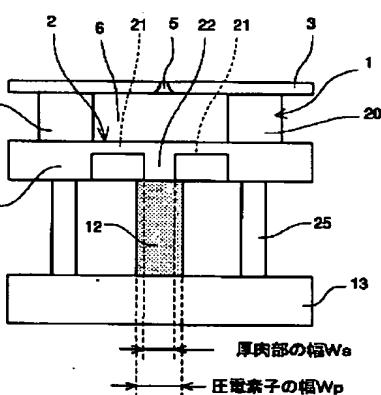
【図22】



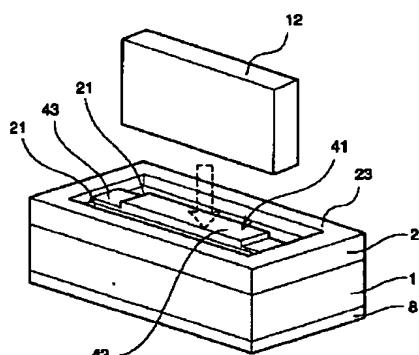
【図12】



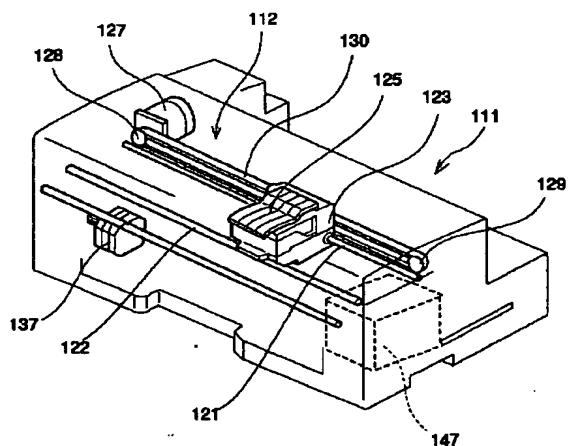
【図13】



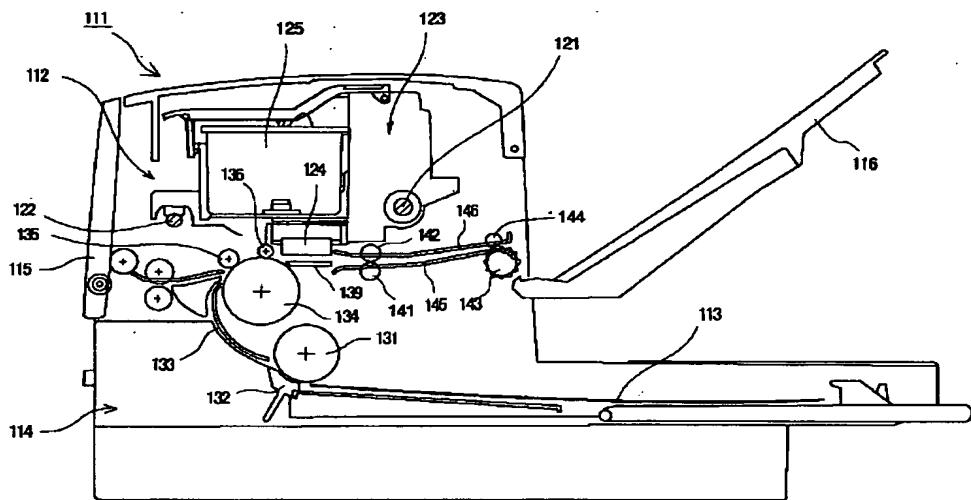
【図14】



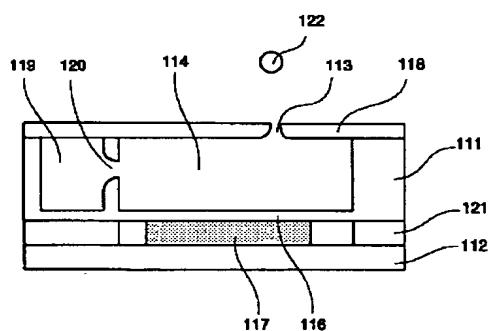
【図16】



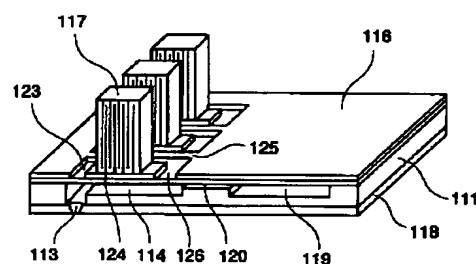
【図17】



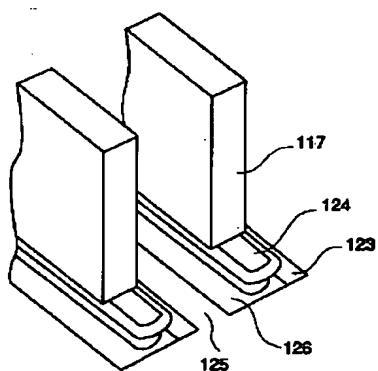
【図18】



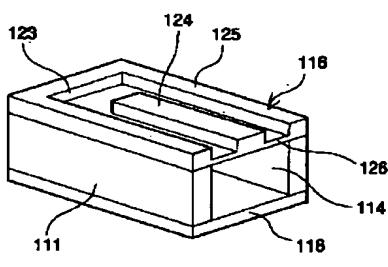
【図20】



【図21】



【図23】



## フロントページの続き

(72)発明者 尾方 賢一  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 山口 清  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 日吉 隆之  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 新行内 充  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72)発明者 楠 雅統  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

F ターム(参考) 2C057 AF21 AF99 AG12 AG44 AG47  
AG52 BA14



US006729716B2

(12) United States Patent  
Eguchi et al.(10) Patent No.: US 6,729,716 B2  
(45) Date of Patent: May 4, 2004

## (54) LIQUID DROP JET HEAD AND INK JET RECORDING APPARATUS

5,880,763 A 3/1999 Tanaka et al.  
6,343,853 B1 2/2002 Masubuchi et al.

(75) Inventors: Hirutoshi Eguchi, Kanagawa (JP); Shuzo Matsumoto, Kanagawa (JP); Kenichi Ogata, Kanagawa (JP); Kiyoshi Yamaguchi, Kanagawa (JP); Takayuki Hiyoshi, Kanagawa (JP); Mitsuru Shingyohuchi, Kanagawa (JP); Masanori Kusunoki, Kanagawa (JP)

## FOREIGN PATENT DOCUMENTS

EP	0563603 A2	10/1993
EP	1083048 A1 *	3/2001 .....
JP	8-25624	1/1996
JP	08025624 A *	1/1996 .....
JP	8-150716	6/1996
JP	9-174836	7/1997

## OTHER PUBLICATIONS

English Translation of Japanese Document  
JP-08025624A.\*

Copy of US patent application S.N. 09/948,280 filed Sep. 7, 2001.

Dec. 9, 2003 Japanese-language Examiner's Decision of Rejection and English-language translation thereof.

\* cited by examiner

Primary Examiner—Russell Adams

Assistant Examiner—An H. Do

(74) Attorney, Agent, or Firm—Cooper &amp; Dunham LLP

## (57) ABSTRACT

A liquid drop jet head includes a nozzle, a liquid room, a vibration board forming a wall surface of the liquid room, driving element, a support substrate to which an end part of the driving element is connected without connecting to the vibration board, and a gap between the support substrate and the vibration board at a position corresponding to a partition of the liquid room, wherein the vibration board includes a thin part and a thick part and the area of the thin part is divided by the thick part with which the driving element comes in contact.

34 Claims, 17 Drawing Sheets

(56) References Cited  
U.S. PATENT DOCUMENTS5,539,982 A 7/1996 Hosono et al.  
5,786,833 A 7/1998 Naka et al.  
5,818,482 A 10/1998 Ohta et al.